

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re

U.S. Application of:

Ichiro KASAI

For:

OPTICAL SYSTEM AND METHOD FOR
FABRICATING A HOLOGRAPHIC OPTICAL
ELEMENT

U.S. Serial No.:

To Be Assigned

Confirmation No.:

To Be Assigned

Filed:

Concurrently

Group Art Unit:

To Be Assigned

Examiner:

To Be Assigned

MAIL STOP PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

EXPRESS MAIL MAILING LABEL NO.: EV 135134646 US
DATE OF DEPOSIT: JULY 15, 2003
I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the
United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee"
service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated above and is
addressed to MAIL STOP PATENT APPLICATION, Commissioner for
Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Derrick T. Gordon

Name of Person Mailing Paper or Fee



Signature

JULY 15, 2003

Date of Signature

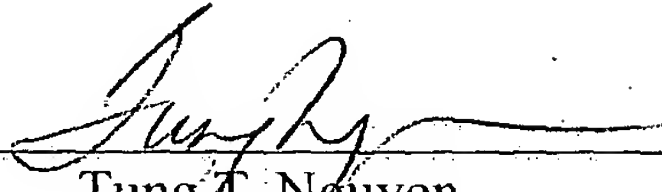
Dear Sir:

SUBMISSION OF CERTIFIED
COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Submitted herewith is a certified copy of Japanese Patent Application No.
2003-116688, filed April 22, 2003.

Priority benefit under 35 U.S.C. § 119/365 for the Japanese patent application is
claimed for the above-identified United States patent application.

Respectfully submitted,

By: 
Tung T. Nguyen
Reg. No. 42,935
Attorney for Applicant

TNT:TTN:pm

SIDLEY AUSTIN BROWN & WOOD LLP
717 N. Harwood, Suite 3400
Dallas, Texas 75201
Direct: (214) 981-3478
Main: (214) 981-3300
Facsimile: (214) 981-3400

July 15, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2003年 4月22日

出 願 番 号
Application Number:

特願2003-116688

[ST.10/C]:

[JP2003-116688]

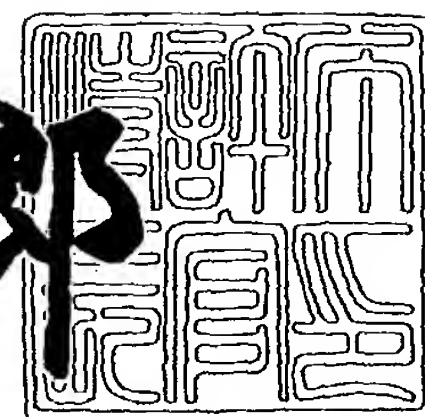
出 願 人
Applicant(s):

ミノルタ株式会社

2003年 5月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3034233

【書類名】 特許願

【整理番号】 TL04770

【提出日】 平成15年 4月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03H 1/26

【発明の名称】 光学系およびホログラフィック光学素子の作製方法

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 笠井 一郎

【特許出願人】

 【識別番号】 000006079

 【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100085501

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 佐野 静夫

【選任した代理人】

 【識別番号】 100111811

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山田 茂樹

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 024969

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 3 - 1 1 6 6 8 8

【包括委任状番号】 9716119

【包括委任状番号】 0000030

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学系およびホログラフィック光学素子の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光を透過させる透過光学素子とホログラフィック光学素子とを含む光学系において、

ホログラフィック光学素子が、各々異なる波長帯域に回折効率を有し、各々異なる波長帯域に対して各々異なる波面を再生可能な複数のホログラムより成り、光の波長差により透過光学素子で発生する色収差を、異なる波面を再生することにより補正する

ことを特徴とする光学系。

【請求項 2】 ホログラフィック光学素子が入射光束を結像させる光学的パワーを有することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】 複数の波長帯域に回折効率を有するホログラフィック光学素子の作製方法において、

2 光束を感材に照射して感材に 2 光束の干渉縞を記録することを、照射する 2 光束の波長を変えて複数回または同時に行うとともに、

照射する 2 光束のうちの少なくとも一方の波面を波長ごとに相違させることを特徴とするホログラフィック光学素子の作製方法。

【請求項 4】 光を透過させる透過光学素子によって光束の波面を波長ごとに相違させることを特徴とする請求項 3 に記載のホログラフィック光学素子の作製方法。

【請求項 5】 光を回折させる回折光学素子によって光束の波面を波長ごとに相違させることを特徴とする請求項 3 に記載のホログラフィック光学素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、透過光学素子とホログラフィック光学素子を含む光学系、およびホログラフィック光学素子の作製方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

まず、ホログラムについて簡単に説明する。ホログラムとは物体からの光の波面を記録した感光材料のことで、ホログラムを照明することにより先に記録した光の波面を再生する写真技術をホログラフィーという。

【 0 0 0 3 】

ホログラム感材に波面を記録するためには光の干渉を用いる。物体からの光と、任意に与えた参照光を干渉させて、その干渉縞を記録する。したがって、2つの光（物体光と参照光）は可干渉である必要があり、記録には一般にコヒーレントなレーザ光が用いられる。

【 0 0 0 4 】

反射型ホログラムは、透過型ホログラムに比べて波長選択性が非常に高い。つまり、ある波長には反応するが他の波長には反応しない。図 1 9 に反射型および透過型のホログラムの回折波長幅を示す。

【 0 0 0 5 】

ホログラムには種々のタイプがあるが、回折効率が高く入射光束の利用効率をよくするためには、体積型で光吸収の少ない位相型ホログラムが適している。

【 0 0 0 6 】

ホログラムは波面再生性を有し、これを利用することでレンズの如き機能をもたせることができる。このような光学機能をもったホログラムをホログラフィック光学素子（HOE）と呼ぶ。

【 0 0 0 7 】

ホログラムは、基本的にそのホログラムを作製した光束と同じ波長および角度の光束を与えたときに最も高い回折効率で波面を再現できるので、入射光束としては、ホログラムの回折効率ピークに合わせた波長ピークを有するものを用いるのが望ましい。図 2 0 に、波長 5 3 2 nm のレーザ光を用いて作製した反射型ホログラムにおける入射光束の波長と回折効率の関係を示す。このホログラムの場合、入射光束の光源としては 5 3 0 nm 付近に発光ピークをもつ緑色の発光ダイオード（LED）等が適する。LED は、半値幅が 2 0 ～ 4 0 nm の発光波長帯

域を有し、これを光源とすることでエネルギー効率のよい構成とすることができる。もちろん、ホログラムの作製に用いたレーザと同じ発光波長のレーザを光源としてもよい。

【0008】

また、ホログラムを複数の波長帯域に回折効率を有するカラーホログラムとすることもできる。これは、多重露光により単一のホログラム感材に複数の波長の光の干渉縞を記録することや、各々異なる波長の光の干渉縞を記録したホログラムを積層することで実現される。図21に、反射型カラーホログラムにおける入射光束の波長と回折効率の関係の例を示す。

【0009】

HOEは他の光学素子と組み合わせて様々な光学系に利用されるが、カラーホログラムより成るカラーHOEは、映像を提供する表示装置の光学系にも利用可能である。ここで、HOEは回折素子なので分散が大きく、入射光束の違いにより光線の振る舞いが大きく変化する。入射光束が単一波長の光でなく波長幅を有する場合、その波長の差によって色収差が発生し、解像度の低下を招く。

【0010】

この問題を解決する方法がいくつか提案されている。例えば、特開平1-92718号公報では、HOEの分散により発生する色収差を補正するための光学素子を光学系内に配置することが行われている。また、特開平6-202035号公報では、光学系内に複数のHOEを配置し、1つのHOEで発生した色収差を他のHOEで補正するようにしている。

【0011】

また、カラーHOEは、再生される光の波面が波長によらず同じになるようにするために、作製時には、各波長の光ができるだけ同じ波面を有するように設定している。例えば、特開平7-210066号公報では、作製時の光学系に曲面のミラーを用いることにより、パワーを有しながら各波長の光が同一の波面を有するHOEを実現している。これは、反射面が、レンズの屈折とは異なり、波長依存性をもたないことを利用したものである。

【0012】

【特許文献1】 特開平1-92718号公報

【特許文献2】 特開平6-202035号公報

【特許文献3】 特開平7-210066号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

特開平1-92718号公報や特開平6-202035号公報のように、HOEによって生じる色収差を他の光学素子によって補正する方法は、解像度の高い映像を提供するために有用である。しかしながら、HOEのほかに別の光学素子を備えることは、光学系の複雑化および大型化を招く。HOEは薄型軽量の簡素な素子であることを大きな特長とするが、HOEによる色収差を補正するために他の光学素子を使用する必要があるのでは、その特長が損なわれることになる。

【0014】

光学系にはHOEのほかに他の光学素子も含まれ、その光学素子が光を透過させるものであれば、その透過光学素子により色収差が発生する。この色収差を補正しようとする、補正用の光学素子を追加したり、HOEと透過光学素子の色収差を同時に補正する高性能な光学素子を備えたりする必要が生じて、光学系がさらに複雑化、大型化してしまう。

【0015】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたもので、透過光学素子とHOEを含む光学系であって、色収差を補正するための光学素子を別途必要としない簡素で小型のものを実現することを目的とする。また、そのような光学系に適するHOEの作製方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、光を透過させる透過光学素子とホログラフィック光学素子とを含む光学系は、ホログラフィック光学素子が、各々異なる波長帯域に回折効率を有し、各々異なる波長帯域に対して各々異なる波面を再生可能な複数のホログラムより成り、光の波長差により透過光学素子で発生する色収差を、異なる波面を再生することにより補正するものとする。

【 0 0 1 7 】

この光学系では、H O E によって透過光学素子の色収差を補正するため、透過光学素子の色収差を補正するために他の光学素子を備える必要はない。したがって、簡素な構成でありながら解像度の高いカラー像を提供することができる。

【 0 0 1 8 】

ここで、ホログラフィック光学素子が入射光束を結像させる光学的パワーを有するようにするとよい。光学系全体のパワーを透過光学素子とH O E とに分担させることができ、設計の自由度が高まり、小型化も容易になる。

【 0 0 1 9 】

前記目的を達成するために、本発明ではまた、複数の波長帯域に回折効率を有するホログラフィック光学素子の作製方法において、2 光束を感材に照射して感材に2 光束の干渉縞を記録することを、照射する2 光束の波長を変えて複数回または同時に行うとともに、照射する2 光束のうちの少なくとも一方の波面を波長ごとに相違させるようにする。

【 0 0 2 0 】

2 光束の干渉縞の記録に際して波長ごとに光束の波面を相違させておくことで、再生時に他の光学素子で発生する色収差を良好に補正することが可能なH O E が得られる。なお、特開平 7 - 2 1 0 0 6 6 号公報をはじめ、再生される光の波面が波長によらず同じになるようにする従来の方法で作製されるH O E では、他の光学素子で発生する色収差を良好に補正することは不可能である。

【 0 0 2 1 】

ここで、光を透過させる透過光学素子によって光束の波面を波長ごとに相違させることができる。透過光学素子の表面での光の屈折角は波長に依存し、屈折には色分散が伴うから、レンズやプリズムのような透過光学素子を波長の異なる光束に共通して利用することが可能である。

【 0 0 2 2 】

光を回折させる回折光学素子によって光束の波面を波長ごとに相違させることもできる。回折光学素子による光の回折角は波長に依存し、回折には色分散が伴うから、回折光学素子を波長の異なる光束に共通して利用することが可能である。

。しかも、回折による色分散の度合いは大きいから、波長ごとに大きく波面を相違させることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は反射型HOE11により平行光束L1を1点に結像させる光学系を示している。この光学系に入射する光束L1は、例えば、赤色(R)、緑色(G)、および青色(B)の波長帯域の光をそれぞれ発する3つのLEDからの各光束を平行光束としたものである。また、HOE11は、各光束の波長帯域に回折ピークが一致した3種の反射型HOE(不図示)を積層してカラーHOEとしたものとする。

【0024】

カラーHOE11を成す各HOEが他の波長帯域の光束に影響を及ぼさずに、対応する波長帯域の光束のみに独立に作用するためには、各HOEは高い波長選択性をもつ反射型HOEであることが望ましい。反射型HOEでは、図19に示したように、回折される光束の波長幅(回折波長幅)が透過型HOEと比較して非常に狭い。このため、反射型のカラーHOEを設計する際に、各色光の挙動を独立に制御することが可能になるのである。図1の光学系の場合、光学素子はカラーHOE11のみなので、R、G、Bの各光束の結像点12R、12G、12Bを一致させるためには、各々の波長に対応するHOEが各波長の光に対して同様に作用するように構成されていけばよい。

【0025】

このような光学系は図2に示す作製光学系を用いて作製することができる。この作製光学系は、R、G、Bのレーザ光を発する3種のレーザ光源からの光束を重ねし、重ねた光束を分岐させて2光束とし、各光束を集光させて新たに点光源22R、22G、22Bおよび点光源23R、23G、23Bを形成し、点光源23R、23G、23Bからのレーザ光を凹面反射面24によって平行光束L3として、点光源22R、22G、22Bからの発散光束L2とホログラム感材21上で干渉させるものである。点光源22R、22G、22Bは互いに一致し、点光源23R、23G、23Bも互いに一致している。

【 0 0 2 6 】

点光源 2 3 R、2 3 G、2 3 B からの光束は球波面として照射されるが、凹面反射面 2 4 でコリメートされて平面波に変わる。この構成では、凹面反射面 2 4 は点光源 2 3 R、2 3 G、2 3 B に対して傾いており、良好な平面波を得るためには凹面反射面 2 4 を非軸対称な自由曲面とするのが望ましい。コリメートのために波長依存性のない反射面 2 4 のみを用いることで、R、G、B の全ての光束は同様に平面波に変換される。こうして干渉縞を記録したホログラム感材 2 1 は図 1 のカラー H O E 1 1 となり、R、G、B の各平行光束 L 1 を、点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B と同じ点 1 2 R、1 2 G、1 2 B に結像させることができる。

【 0 0 2 7 】

ここで、図 1 の H O E 1 1 を、図 3 に示す光学系にそのまま適用する場合を考える。この光学系は、図 1 のカラー H O E 1 1 とその結像点との間に、光学硝材で作製された直方体プリズム 1 5 を配置したものである。一般に、光学硝材は分散をもち、屈折率が波長によって異なるため、プリズム内の光路長にも波長によって差が生じる。これにより、R、G、B の光束の結像点 1 2 R、1 2 G、1 2 B も異なって、軸上色収差が発生し、高い解像度での結像はできなくなる。

【 0 0 2 8 】

図 2 に示した光学系によるカラー H O E 1 1 の作製方法は、前述の特開平 7 - 2 1 0 0 6 6 号公報と同じ考え方に基づくものである。このような作製方法は、図 1 に示すようにカラー H O E 1 1 のみから成る光学系では問題ないが、図 3 に示すように、透過光学素子が光路上に存在する光学系では、上述のように色収差の問題を招く。

【 0 0 2 9 】

< 第 1 の実施形態 >

第 1 の実施形態の光学系を図 4 に示す。この光学系は、図 3 と同様に、カラー H O E 3 1 とその結像点との間にプリズム 1 5 を備える構成であるが、カラー H O E 3 1 によって軸上色収差を補正するものである。

【 0 0 3 0 】

軸上色収差を補正するためには、例えば、B 光の結像点 1 2 B までの距離を短

くし、R光の結像点12Rまでの距離を長くして、それらの結像点12B、12RをG光の結像点12Gに一致させればよい。すなわち、カラーHOE31のB光に対する焦点距離を短くし、R光に対する焦点距離を長くすればよい。ここで用いているカラーHOE31は、各々の波長に対して独立したHOEを複合した多色HOEなので、各HOEの焦点距離を個別に設定することが可能である。これにより、R、G、Bの各光束に対するカラーHOE31の焦点距離を全て等しくする。

【0031】

カラーHOE31の作製に用いる光学系を図5に示す。図2の光学系では、点光源22R、22G、22Bを一致させ、点光源23R、23G、23Bも一致させたが、本実施形態では、一方の点光源22R、22G、22Bを相違するように設定している。具体的には、R光の点光源22RをG光の点光源22Gよりもホログラム感材21から遠くに配置し、B光の点光源22BをG光の点光源22Gよりもホログラム感材21の近くに配置している。他方の点光源23R、23G、23Bからの光束は、凹面反射面24で反射されてコリメートされ、ホログラム感材21に対して平行光束として入射するので、記録される干渉縞の焦点距離は、各点光源22R、22G、22Bとホログラム感材21との距離に一致する。よって、R光に対する焦点距離は長く、B光に対する焦点距離は短くなる。

【0032】

実際のホログラム感材の露光に際しては、点光源上にピンホールを配置し、露光のための光束を精波（スペーシャルフィルタリング）するので、上記のような点光源22R、22G、22Bの配置は難しい。これと同様の効果を同一の点光源で実現する光学系を図6、図7に示す。

【0033】

図6の光学系は、カラーHOE31と組み合わせて使用されるプリズム15と等価な補正用プリズム25を、点光源22R、22G、22Bとホログラム感材21との間に挿入したものである。点光源22R、22G、22Bの位置は一致しており、また、点光源22R、22G、22Bからホログラム感材21までの

配置は、図4に示した使用時の配置と一致させてある。

【0034】

補正用プリズム25の分散により、ホログラム感材21と各点光源22R、22G、22Bとの光学的な距離を変更することができ、図5に示した光学系で得られるものと等価なカラーHOE31を得ることができる。

【0035】

図7の光学系は、光源23R、23G、23Bと凹面反射面24との間に補正用プリズム26を挿入したものである。点光源23R、23G、23Bから凹面反射面24までの光学的な距離は相違することになり、凹面反射面24と補正用プリズム26の分散量（分散値および光路長）を調整することにより、R、G、Bの各光束に対するカラーHOE31の焦点距離に所望の差をもたせることができる。一例を挙げると、凹面反射面24の焦点距離をカラーHOE31のG光に対する焦点距離に一致させ、補正用プリズム26として使用時のプリズム15と等価なものをを用いる。これで、プリズム15によって生じる軸上色収差を補正するカラーHOE31が得られる。具体的な調整はもちろんこの例に限らない。

【0036】

以上、光軸方向の色ずれである軸上色収差の補正について述べたが、次に、光軸に対して垂直方向の色ずれの補正について説明する。なお、ここでは、光軸に対して垂直方向の色ずれの補正に説明を限定するので、主として中心光線について述べる。

【0037】

図2の光学系で作製したカラーHOE11とくさび状のプリズム17を組み合わせた光学系を図8に示す。プリズム17はカラーHOE11とその結像点との間に配置されている。前述のように、図2の光学系で作製されるカラーHOE11は、R、G、Bの各光束に対して同様に作用する。したがって、カラーHOE11に入射したR、G、Bの各光束は、同じ方向に回折され、同じ光束としてプリズム17に入射する。プリズム17は分散をもっており、R、G、Bの各光束は異なる屈折角で屈折して、結像面12p上の異なる点12R、12G、12Bに結像する。したがって、光軸に対して垂直な方向に色ずれが発生する。

【 0 0 3 8 】

＜第 2 の実施形態＞

第 2 の実施形態の光学系を図 9 に示す。この光学系は、図 8 と同様に、カラー H O E 4 1 とその結像点との間にプリズムを備える構成であるが、カラー H O E 4 1 によって光軸に対して垂直方向の色収差を補正するものである。

【 0 0 3 9 】

この補正を行うためには、プリズム 1 7 に対する入射角を R、G、B の各光束で異ならせればよい。すなわち、カラー H O E 4 1 の B 光に対する回折角（H O E の法線に対する角度）を G 光に対する回折角よりも大きくし、R 光に対する回折角を G 光に対する回折角よりも小さくすればよい。ここで用いているカラー H O E 4 1 は、各々の波長に対して独立した H O E を複合した多色 H O E なので、各 H O E の回折角を個別に設定することが可能である。これにより、R、G、B の各光束に対するカラー H O E 4 1 の回折角を相違させ、プリズム 1 7 に対する R、G、B の各光束の入射角を相違させ、これら全ての光束の結像点 1 2 R、1 2 G、1 2 B を一致させる。

【 0 0 4 0 】

カラー H O E 4 1 を作製するための光学系を図 1 0 に示す。図 2 の光学系では、点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B を一致させ、点光源 2 3 R、2 3 G、2 3 B も一致させたが、本実施形態では、一方の点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B を相違させている。具体的には、R 光の点光源 2 2 R を G 光の点光源 2 2 G よりもホログラム感材 2 1 に対する入射角が小さくなるように配置し、B 光の点光源 2 2 B を G 光の点光源 2 2 G よりもホログラム感材 2 1 に対する入射角が大きくなるように配置している。

【 0 0 4 1 】

実際のホログラム感材の露光に際しては、前述のように、点光源上にピンホールを配置し、露光のための光束を精波するので、上記のような点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B の配置は難しい。これと同様の効果を同一の点光源で実現する光学系を図 1 1、図 1 2、図 1 3 に示す。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 の光学系は、カラー H O E 4 1 と組み合わせて使用されるプリズム 1 7 と等価な補正用プリズム 2 7 を、点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B とホログラム感材 2 1 との間に挿入したものである。点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B の位置は一致しており、また、点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B からホログラム感材 2 1 までの配置は、図 9 に示した使用時の配置と一致させてある。

【 0 0 4 3 】

補正用プリズム 2 7 の分散により、ホログラム感材 2 1 に対する点光源 2 2 R、2 2 G、2 2 B の光学的な相対位置を変更することができ、図 1 0 に示した光学系で得られるものと等価なカラー H O E 4 1 を得ることができる。ここで、結像状態を考えると、使用時には、くさび状のプリズム 1 7 によって非点収差も発生する。図 1 0 の光学系では使用時の非点収差を補正することはできないが、図 1 1 に示した光学系では、光軸に対して垂直方向の色収差に加えて、非点収差も補正することができる。

【 0 0 4 4 】

図 1 2 の光学系は、点光源 2 3 R、2 3 G、2 3 B と凹面反射面 2 4 との間に補正用プリズム 2 8 を挿入したものである。凹面反射面 2 4 によってコリメートされて平行光束となった R、G、B の各光束は、ホログラム感材 2 1 に対する入射角が異なり、補正用プリズム 2 8 の分散量を調整することにより、R、G、B の各光束に対するカラー H O E 4 1 の回折角に所望の差にもたせることができる。

【 0 0 4 5 】

図 1 3 の光学系は、図 1 2 の補正用プリズム 2 8 に代えて、補正用回折素子 2 9 を用いたものである。この例では、紙面の上下方向についてのみ R、G、B の各光束の入射角を相違させることになるので、補正用回折素子 2 9 は一次元回折素子である。一般に回折素子は屈折素子に比べて分散が大きいいため、R、G、B の光に大きな角度差を発生させるのに好適である。また、回折素子と屈折素子とは分散の符号が逆であり、図 1 2 と図 1 3 とで、凹面反射面 2 4 からの平行光束 L 3 の偏向方向が逆になっているのはこのためである。

【 0 0 4 6 】

補正用回折素子 2 9 の例を図 1 4 に示す。この例では、高い回折効率を得るとともに所望の次数に回折を集中させるために、1 次元ブレード形状としているが、8 レベルまたは 4 レベルのマルチレベル形状やバイナリ格子状の回折素子としてもかまわない。ただし、バイナリ格子状の回折素子の場合、回折は±1 次の 2 方向に発生する。また、レベル数の少ないマルチレベル形状の回折格子では、回折しない 0 次光が発生する。したがって、これらの回折素子を用いる場合は、不要な 1 次光や 0 次光がホログラム感材 2 1 に入射しないように配慮する必要がある。

【 0 0 4 7 】

第 1 の実施形態の軸上色収差を補正する方法と、第 2 の実施形態の光軸に対して垂直方向の色収差を補正する方法を組み合わせることは可能であり、これらの方法を組み合わせて、使用時に他の透過光学素子で発生する色収差を縦方向、横方向共に補正し得るカラー H O E を実現することができる。透過光学素子とこのようなカラー H O E を備えた光学系では、設計の自由度が高まって、性能の向上のみならず、部品点数の低減による小型型やコストダウンを図ることができ、さらには素子の配置の自由度を高めることもできる。

【 0 0 4 8 】

本発明により性能向上が期待される光学系の例について説明する。図 1 5 は、本出願人が特開 2 0 0 1 - 2 6 4 6 8 2 号にて提案した H O E を用いる情報表示光学系の概略を示す断面図である。表示素子面 5 2 からの映像光束はプリズム 5 3 に入射し、プリズム 5 3 内で全反射を繰り返して、プリズム 5 3 の下端に斜めに設けられた H O E 5 1 に達する。この映像光束は H O E 5 1 によって反射（回折）されて、プリズム 5 3 から出射し、観察者の瞳 P に入射する。H O E 5 1 は、自由曲面で構成された凹面反射面と等価な光学的パワーを有し、表示素子面 5 2 に表示された映像を拡大投影する接眼レンズとして機能する。

【 0 0 4 9 】

図中の光路は、瞳 P の中心と、表示素子面 5 2 の中心を結ぶ光線のものを示している。実際には光束は上記の方向に進むが、理解を容易にするために、以下、瞳 P 側からの光路追跡で説明する。H O E 5 1 で回折され、プリズム 5 3 内を進

行した光線は、プリズム 5 3 の上端面から出射する。全反射によってプリズム 5 3 内を進行する光線はプリズム 5 3 の上端面に対して斜めに入射することになる。

【 0 0 5 0 】

ここで用いた H O E 5 1 を作製するための光学系を図 1 6 に示す。特開 2 0 0 1 - 2 6 4 6 8 2 号で述べたように、この表示光学系は非軸対称な光学系であり、良好な映像を提供するために、H O E 5 1 には複雑な波面変換が必要とされる。そのため、作製時の凹面反射面 2 4 には複雑な波面を発生させる自由曲面を用いている。作製時に凹面反射面のみを用いると、得られる H O E 5 1 は R、G、B の各光束に対して同様に作用するものとなる。したがって、この H O E 5 1 を用いた図 1 5 の表示光学系では、図 8 に示した光学系と同様に、プリズム 5 3 の分散により、R、G、B の各光束は互いに異なる方向に出射することになり、表示素子面 5 2 上の異なる点 1 2 R、1 2 G、1 2 B に結像する。このような結像点 1 2 R、1 2 G、1 2 B の不一致は、実際の映像提供においては色ずれとして認識されることになる。

【 0 0 5 1 】

< 第 3 の実施形態 >

この色ずれの問題を解消した第 3 の実施形態である情報表示光学系を図 1 7 に示す。この表示光学系は、瞳 P 上の同一点からの R、G、B の各光束の表示素子面 5 2 上での結像点 1 2 R、1 2 G、1 2 B が一致するように、R、G、B の各光束に対して回折角を調整したカラー H O E 6 1 を備えたものである。

【 0 0 5 2 】

このカラー H O E 6 1 を作製するための光学系を図 1 8 に示す。図 1 6 の光学系とは異なり、点光源 2 3 R、2 3 G、2 3 B とホログラム感材 2 1 との間に補正用プリズム 2 8 を配置しておく。点光源 2 3 R、2 3 G、2 3 B から光束は、自由曲面で構成される凹面反射面 2 4 で反射され、さらに平面の反射面 2 4 a で反射されて、補正用プリズム 2 8 に入射する。

【 0 0 5 3 】

各光束は補正用プリズム 2 8 の表面に対して斜めに入射し、補正用プリズム 2

8の分散により、R、G、Bの各光束は互いに異なる方向に屈折して、異なる角度でホログラム感材21に入射する。これにより、ホログラム感材21から得られるカラーHOE61の回折角が、R、G、Bの各光束ごとに相違することになる。補正用プリズム28によるR、G、Bの各光束に対する屈折量の差は、カラーHOE61によりR、G、Bの各光束の表示素子面52上での結像点1.2R、1.2G、1.2Bが一致するように調整しておく。

【0054】

なお、ここではカラーHOE61から表示素子面52の方向に光路を追跡する説明をしたが、実際には光束は表示素子面52からカラーHOE61に向かって進むため、カラーHOE61はプリズム53で発生した色収差を補正することになる。また、本実施形態では光軸に対して垂直方向の色収差のみを補正しているが、前述のように、同時に軸上色収差を補正することも可能である。これにより、一層高品位の映像を提供することができる。

【0055】

【発明の効果】

光を透過させる透過光学素子とホログラフィック光学素子とを含む光学系において、本発明のように、ホログラフィック光学素子が、各々異なる波長帯域に回折効率を有し、各々異なる波長帯域に対して各々異なる波面を再生可能な複数のホログラムより成り、光の波長差により透過光学素子で発生する色収差を、異なる波面を再生することにより補正するようにすると、色収差を補正するために他の光学素子を備える必要がなくなって、簡素な構成でありながら解像度の高いカラー像を提供することができる。特に、ホログラフィック光学素子を反射型とすれば、波長帯域ごとに光の挙動を独立に制御することが可能であり、透過光学素子に応じた適切な色収差補正を行うことができる。

【0056】

ここで、ホログラフィック光学素子が入射光束を結像させる光学的パワーを有するようにすると、光学系全体のパワーを透過光学素子とHOEとに分担させることができ、設計の自由度が高まり、小型化も容易になる。

【0057】

複数の波長帯域に回折効率を有するホログラフィック光学素子の作製方法において、本発明のように、2光束を感材に照射して感材に2光束の干渉縞を記録することを、照射する2光束の波長を変えて複数回または同時に行うとともに、照射する2光束のうちの少なくとも一方の波面を波長ごとに相違させるようにすると、再生時に他の光学素子で発生する色収差を良好に補正することが可能なH O Eが得られる。

【 0 0 5 8 】

ここで、光を透過させる透過光学素子によって、または、光を回折させる回折光学素子によって光束の波面を波長ごとに相違させるようにすると、同一の透過光学素子や回折光学素子を波長の異なる光束に共用することが可能であり、H O E作製のための光学系を簡素にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 H O Eのみから成る光学系を示す図。

【図2】 図1のH O Eを作製するための光学系を示す図。

【図3】 H O Eとプリズムより成り、軸上色収差が発生する光学系を示す図。

【図4】 第1の実施形態の光学系を示す図。

【図5】 第1の実施形態の光学系に含まれるH O Eを作製するための光学系を示す図。

【図6】 第1の実施形態の光学系に含まれるH O Eを作製するための他の光学系を示す図。

【図7】 第1の実施形態の光学系に含まれるH O Eを作製するためのさらに他の光学系を示す図。

【図8】 H O Eとプリズムより成り、光軸に対して垂直方向に色収差が発生する光学系を示す図。

【図9】 第2の実施形態の光学系を示す図。

【図10】 第2の実施形態の光学系に含まれるH O Eを作製するための光学系を示す図。

【図11】 第2の実施形態の光学系に含まれるH O Eを作製するための他

の光学系を示す図。

【図 1 2】 第 2 の実施形態の光学系に含まれる H O E を作製するためのさらに他の光学系を示す図。

【図 1 3】 第 2 の実施形態の光学系に含まれる H O E を作製するためのさらに他の光学系を示す図。

【図 1 4】 図 1 3 の光学系に用いる回折素子の例を示す図。

【図 1 5】 光軸に対して垂直方向に色収差が発生する光学系を示す図。

【図 1 6】 図 1 5 の光学系に含まれる H O E を作製するための光学系を示す図。

【図 1 7】 第 3 の実施形態の光学系を示す図。

【図 1 8】 第 3 の実施形態の光学系に含まれる H O E を作製するための光学系を示す図。

【図 1 9】 反射型ホログラムおよび透過型ホログラムの回折波長幅を示す図。

【図 2 0】 反射型ホログラムにおける入射光束の波長と回折効率の関係の例を示す図。

【図 2 1】 反射型カラーホログラムにおける入射光束の波長と回折効率の関係の例を示す図。

【符号の説明】

1 1 カラー H O E

1 2 R、1 2 G、1 2 B 結像点

1 5 直方体プリズム

1 7 くさび状プリズム

2 1 ホログラム感材

2 2 R、2 2 G、2 2 B 点光源

2 3 R、2 3 G、2 3 B 点光源

2 4 凹面反射面

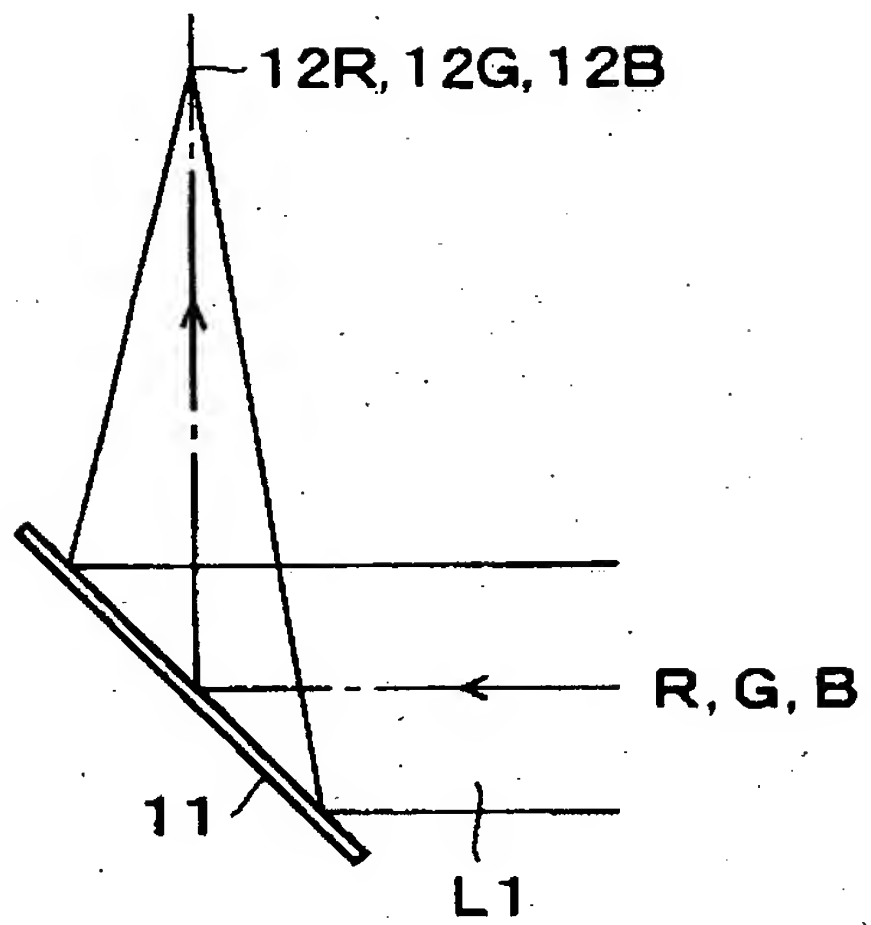
2 4 a 平面反射面

2 5、2 6、2 7、2 8 補正用プリズム

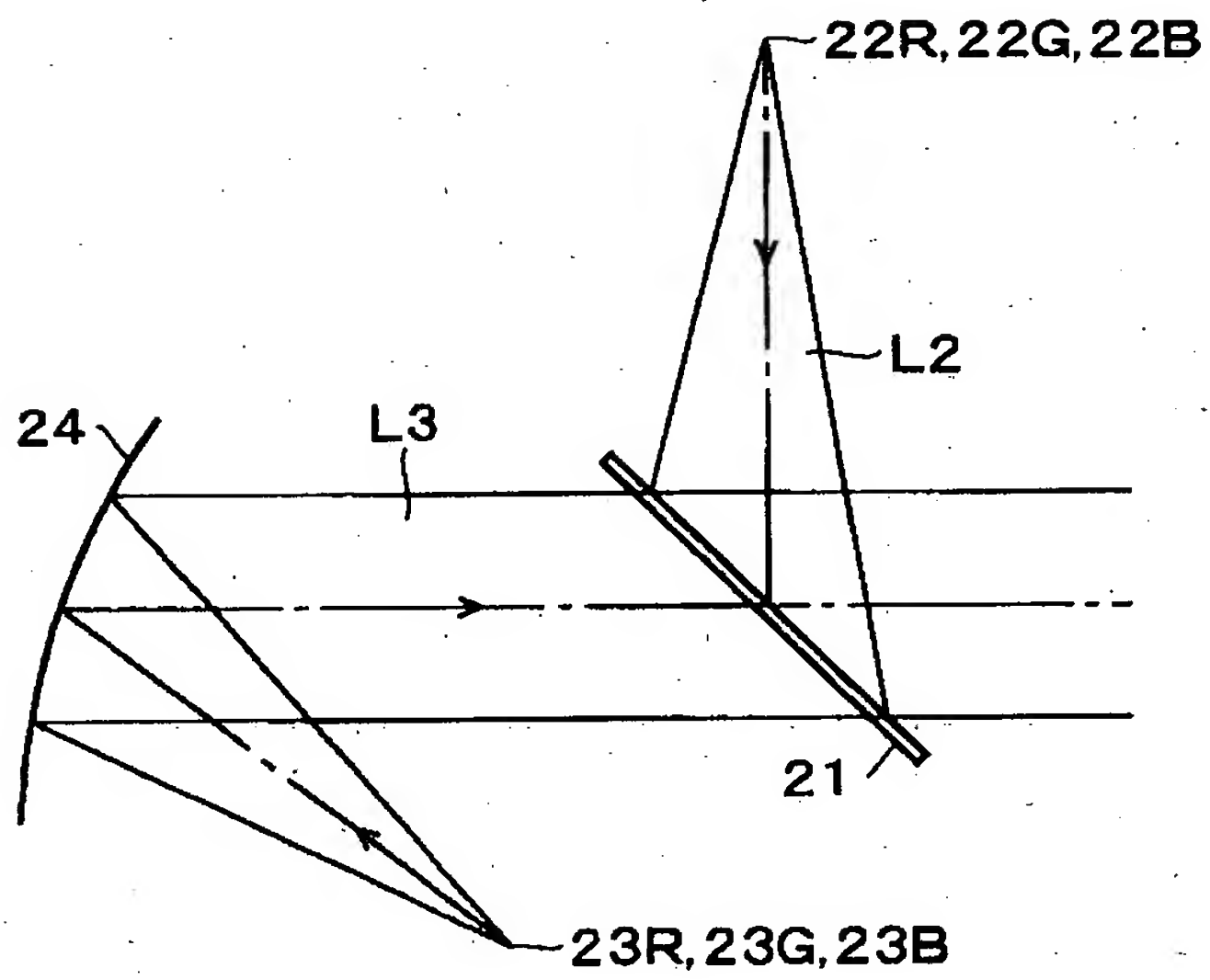
2 9 補正用回折素子
3 1 カラー H O E
4 1 カラー H O E
5 1 カラー H O E
5 2 表示素子面
5 3 プリズム
6 1 カラー H O E
L 1、L 2、L 3 光束
P 観察者瞳

【書類名】 図面

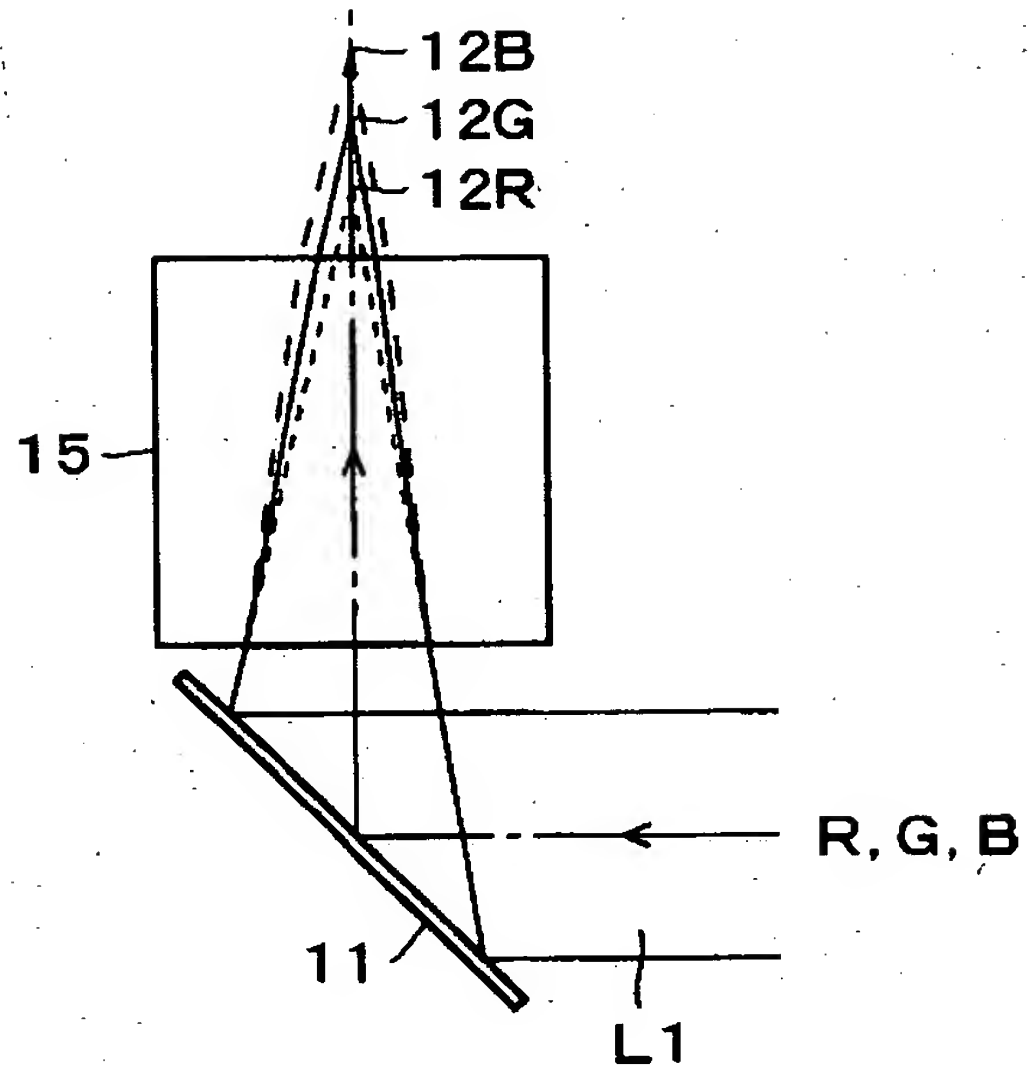
【図 1】



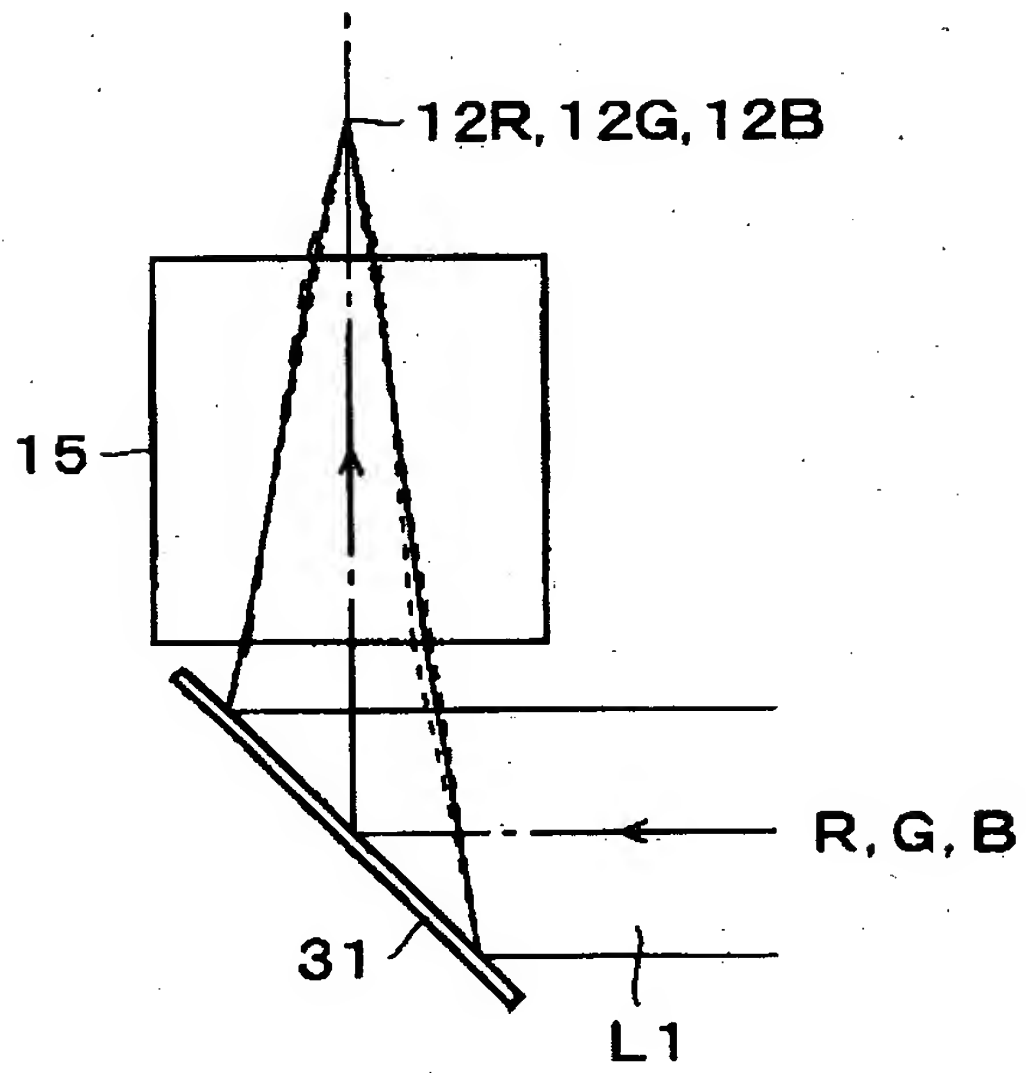
【図 2】



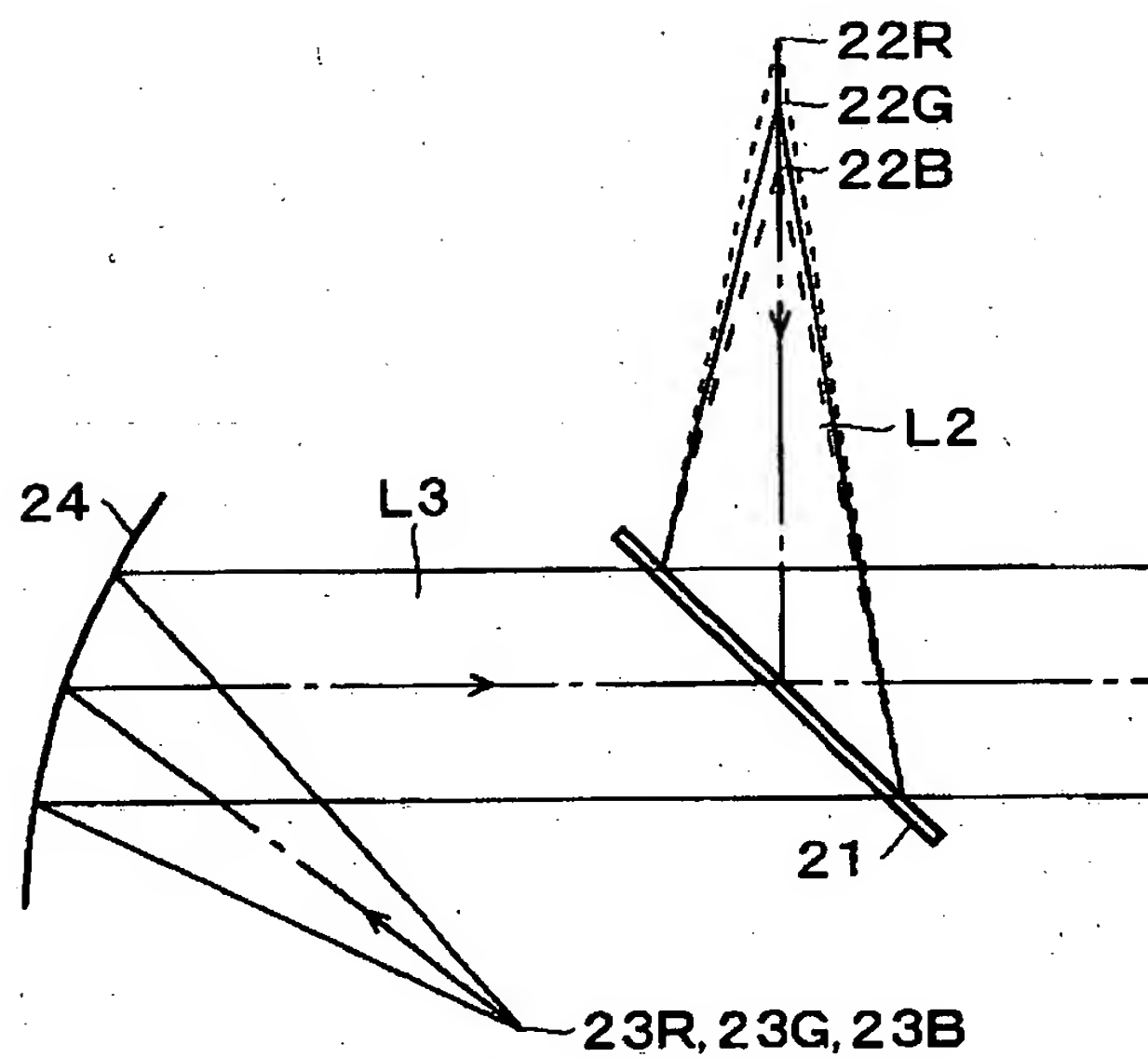
【図 3】



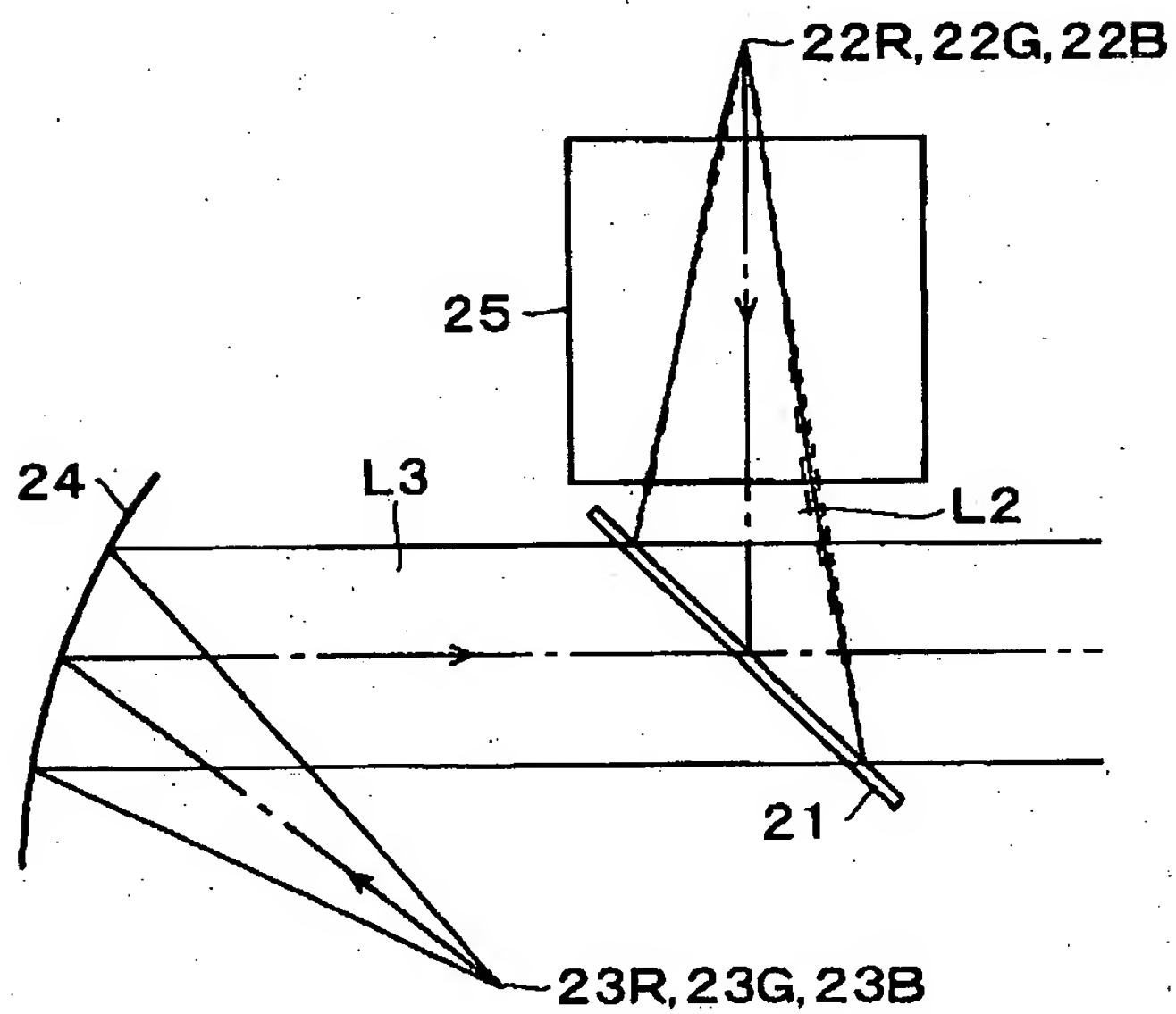
【図 4】



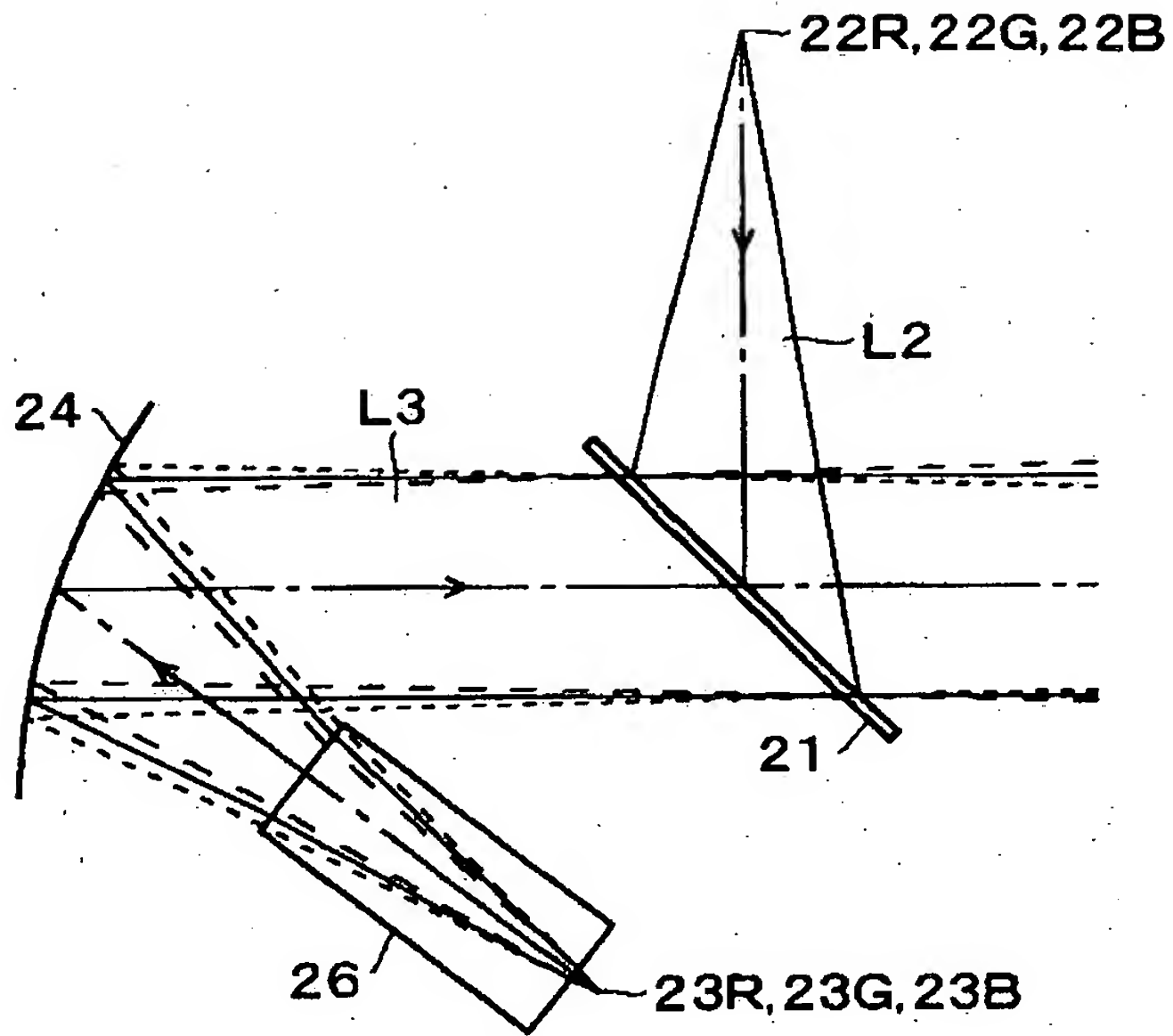
【図 5】



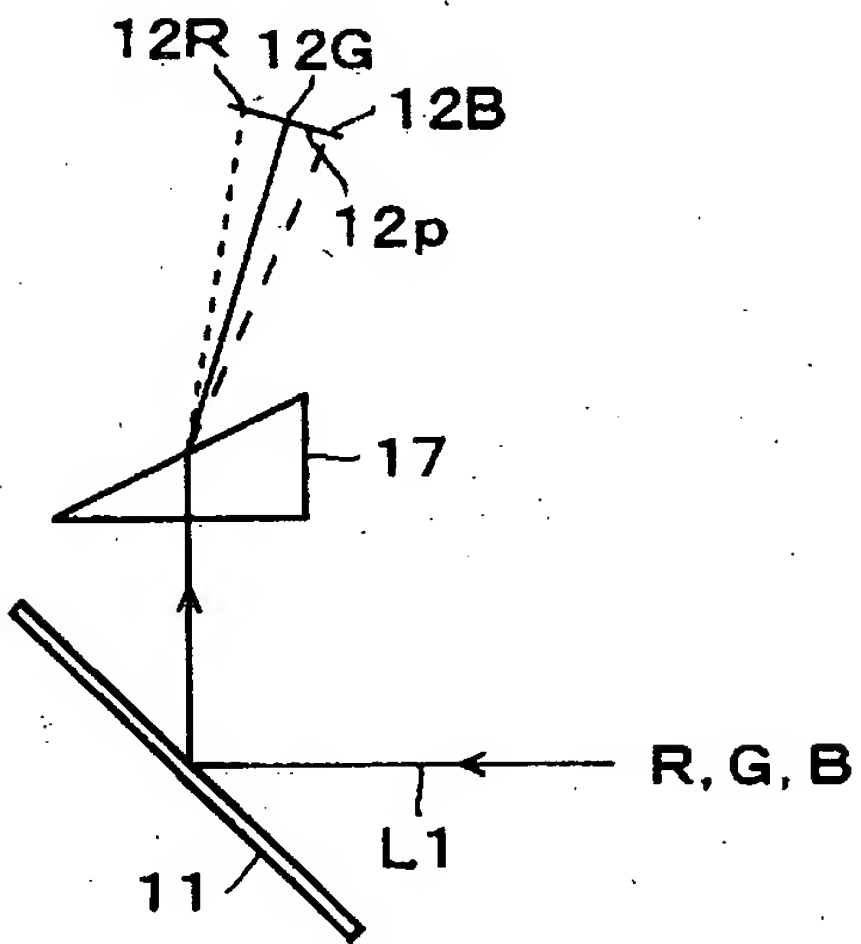
【図 6】



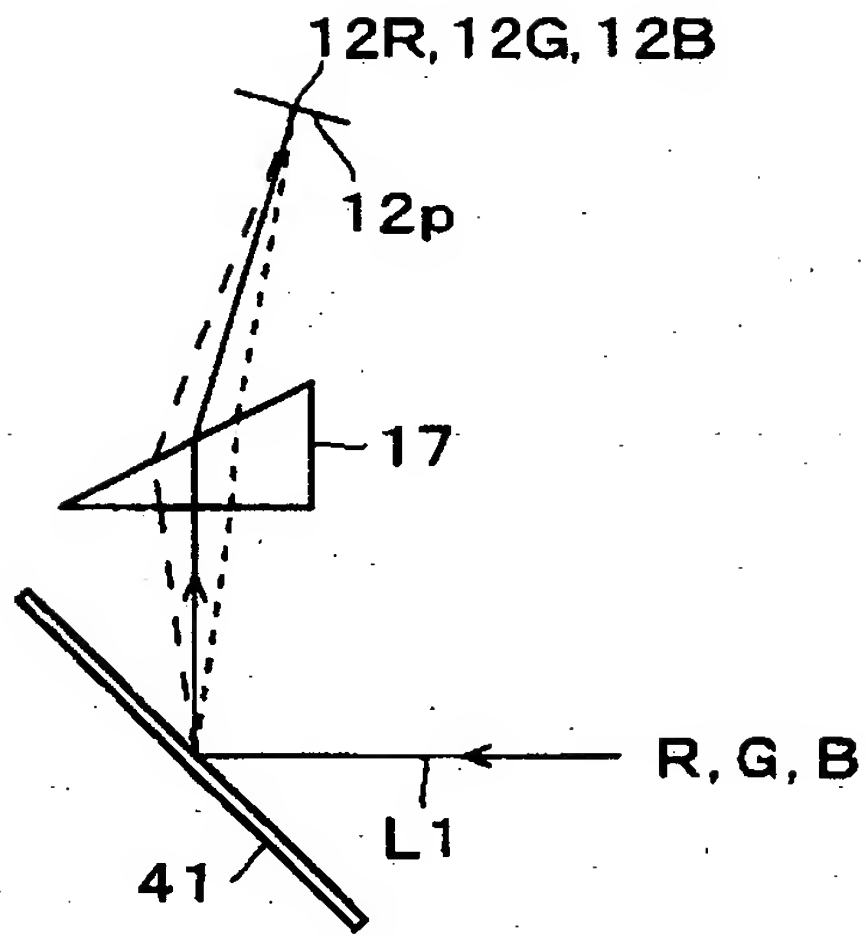
【図 7】



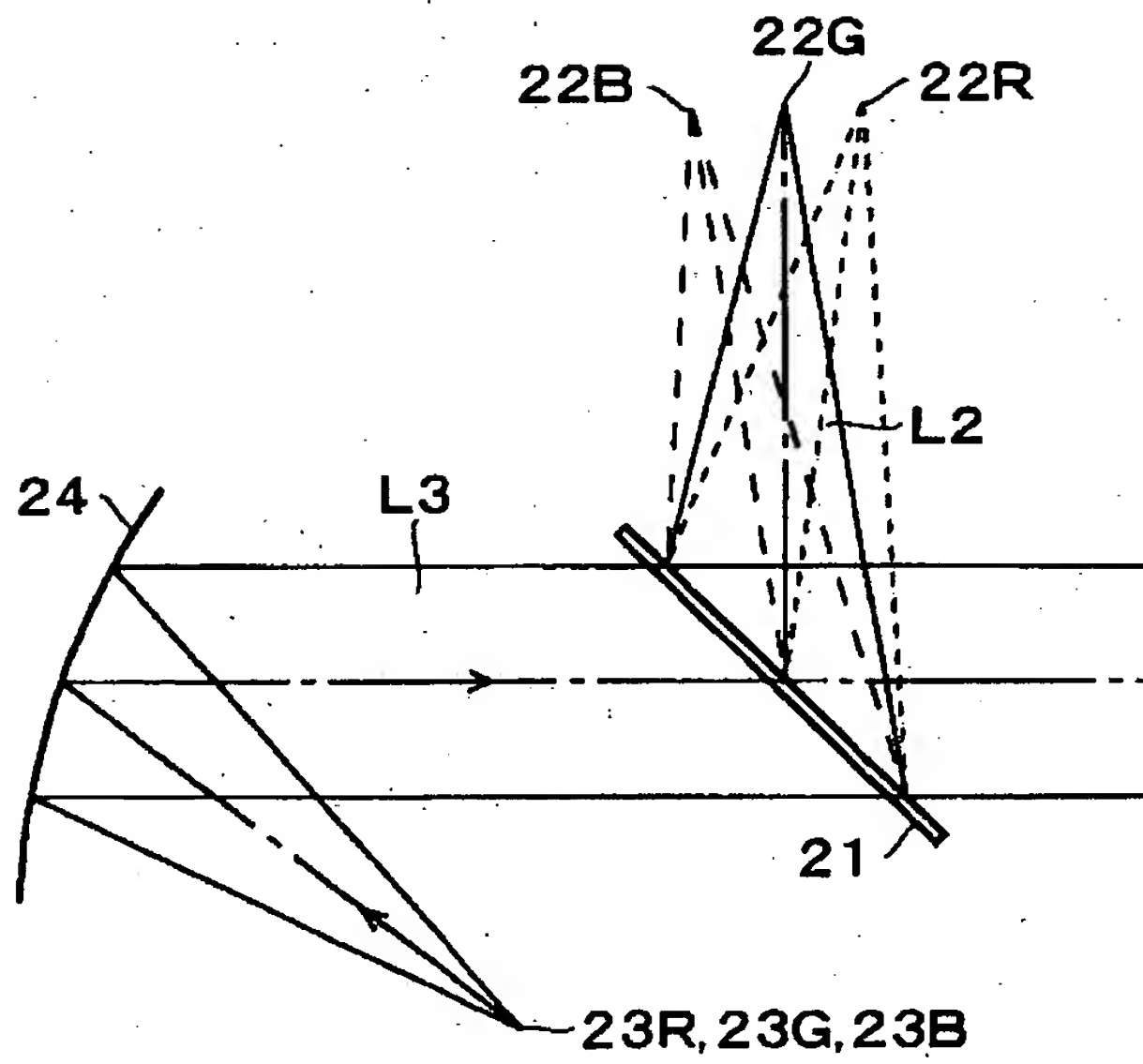
【図 8】



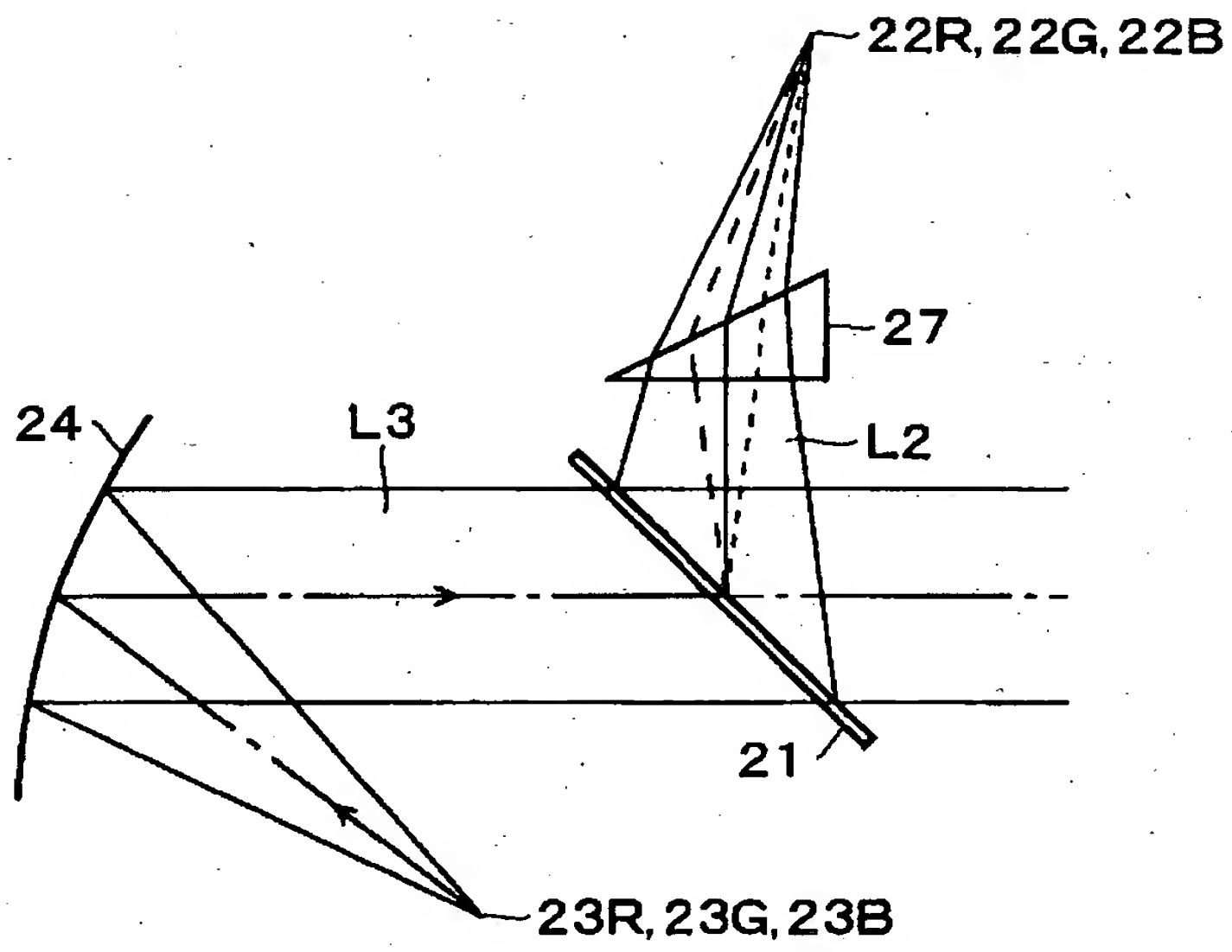
【図 9】



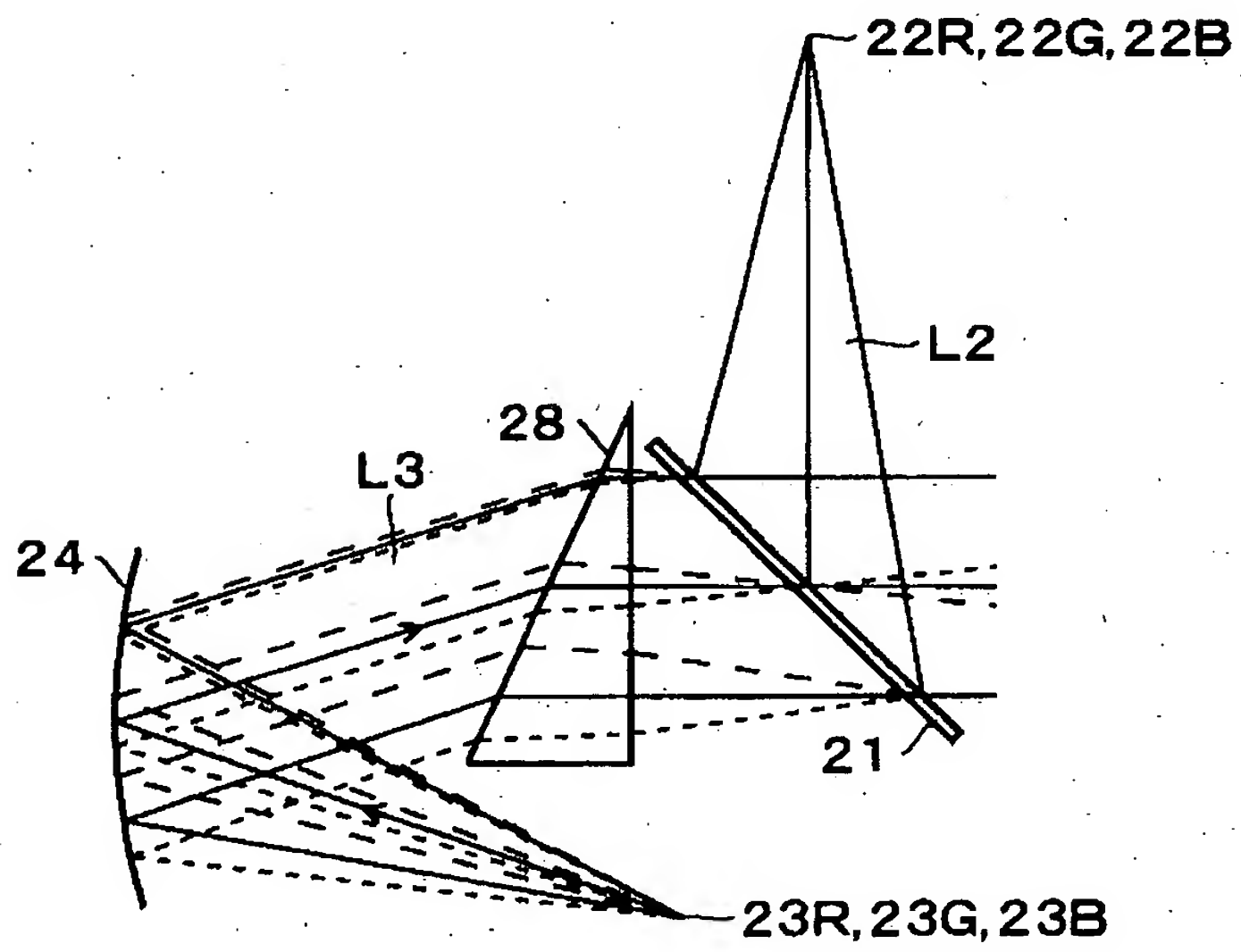
【図 1 0】



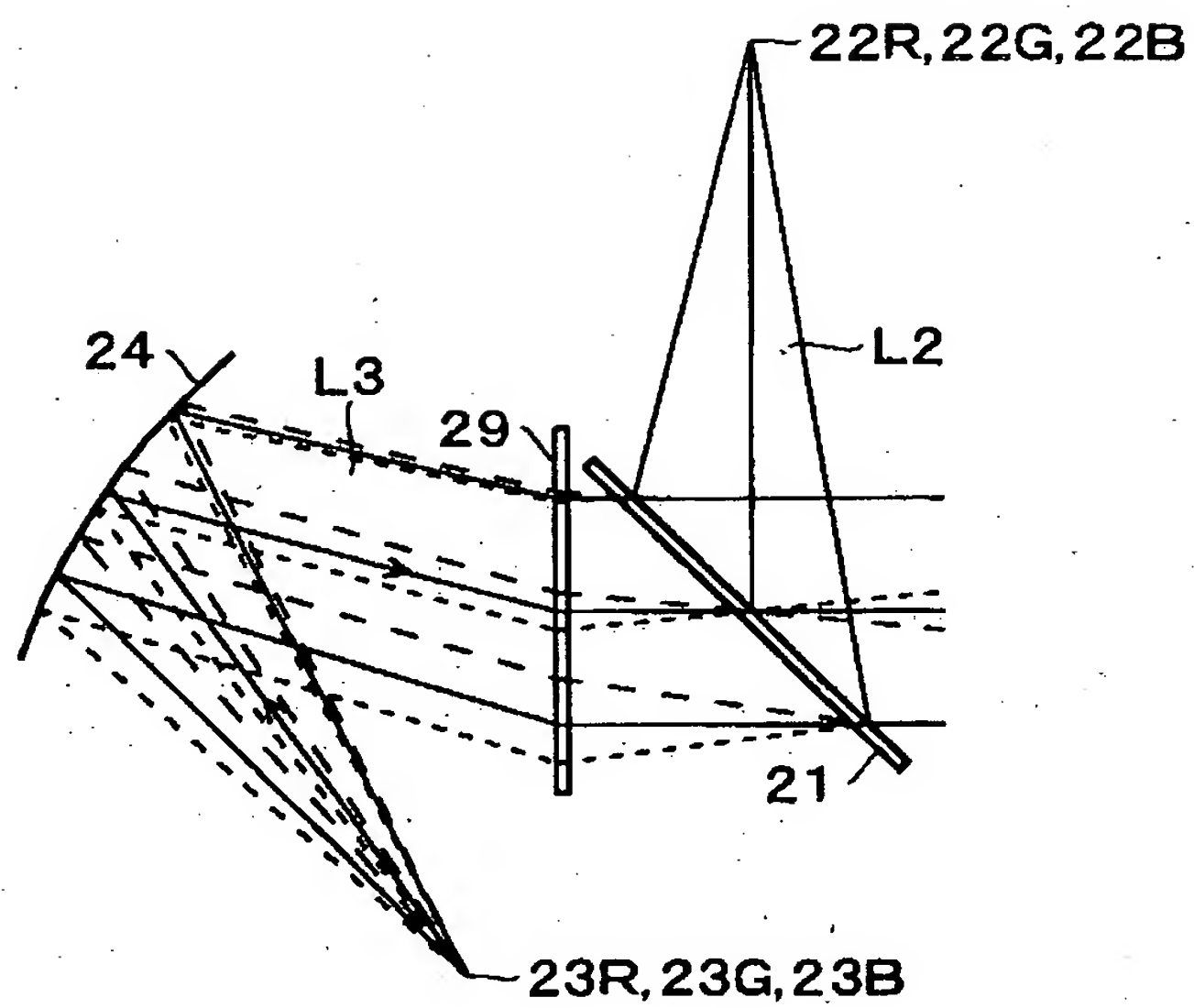
【図 11】



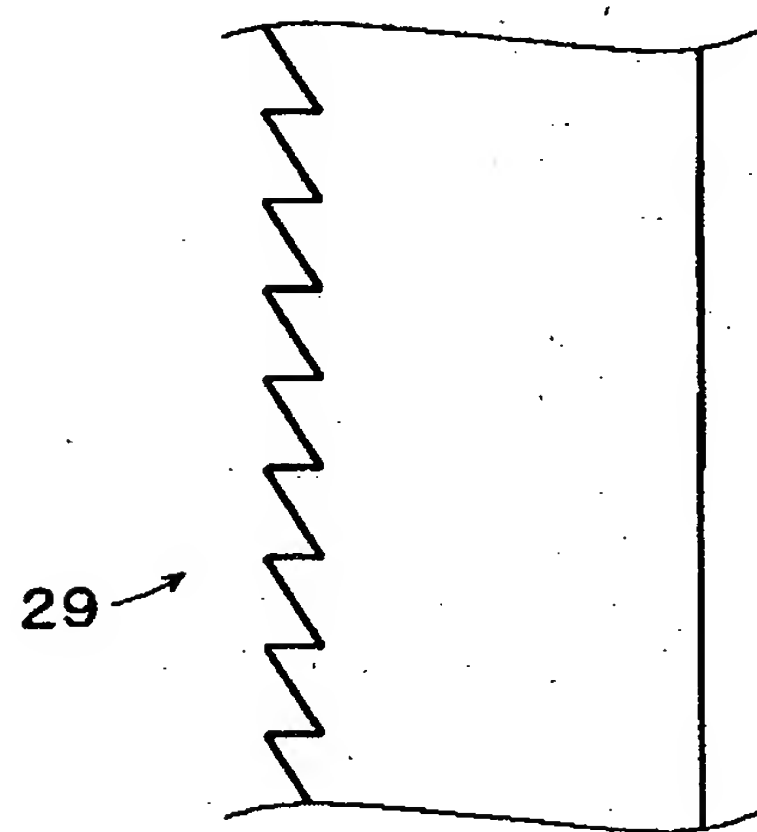
【図 12】



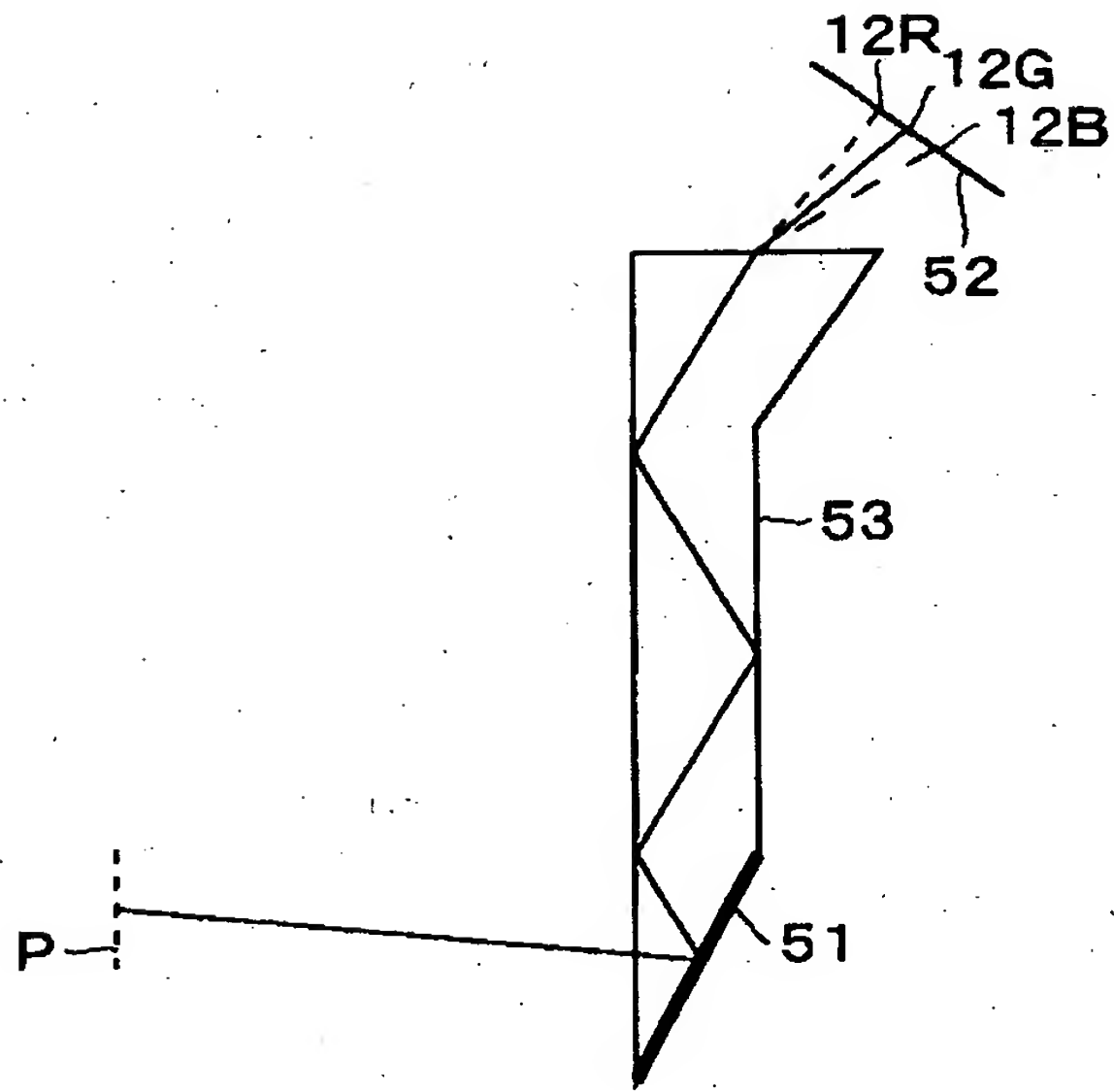
【図 1 3】



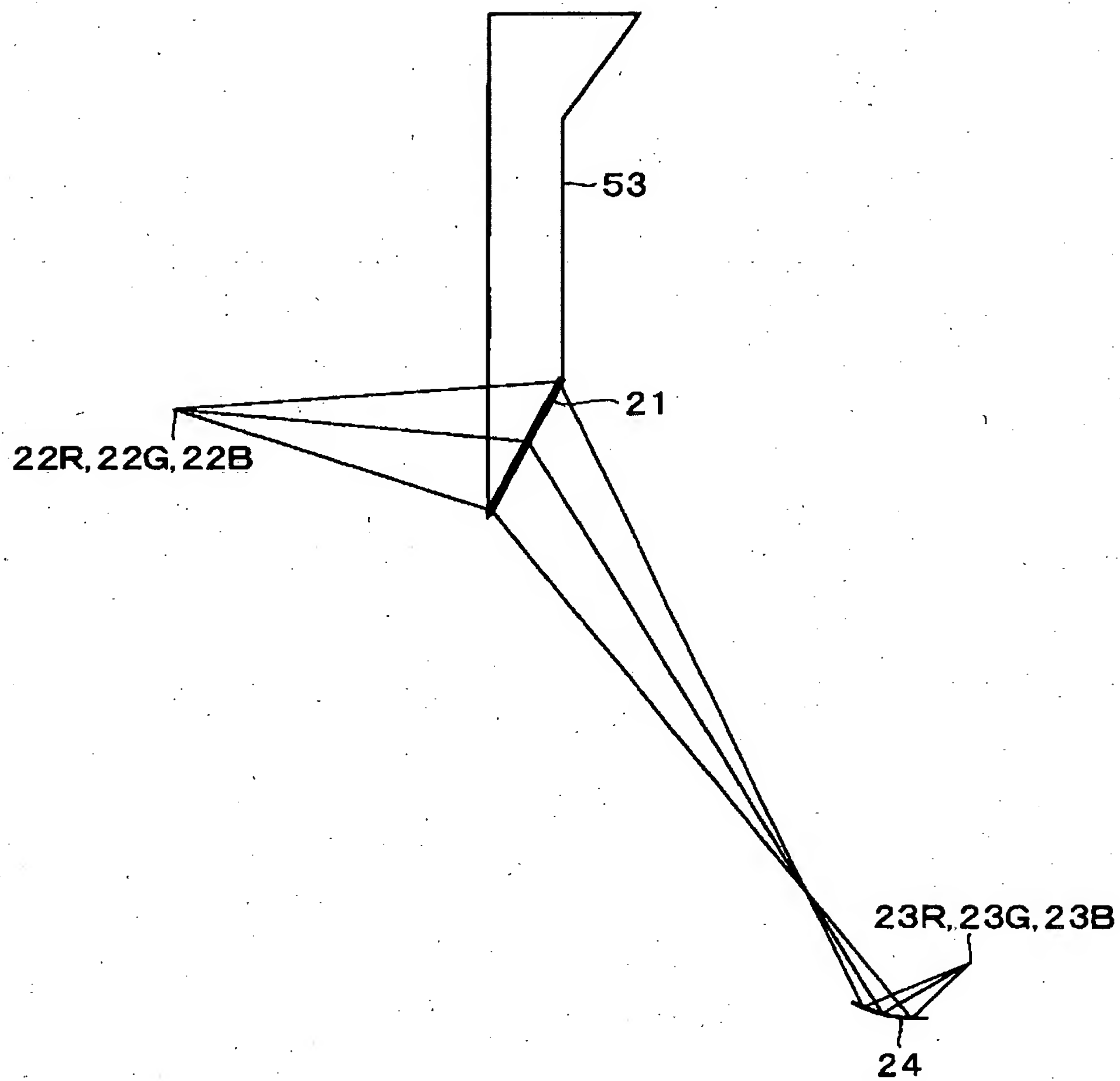
【図 1 4】



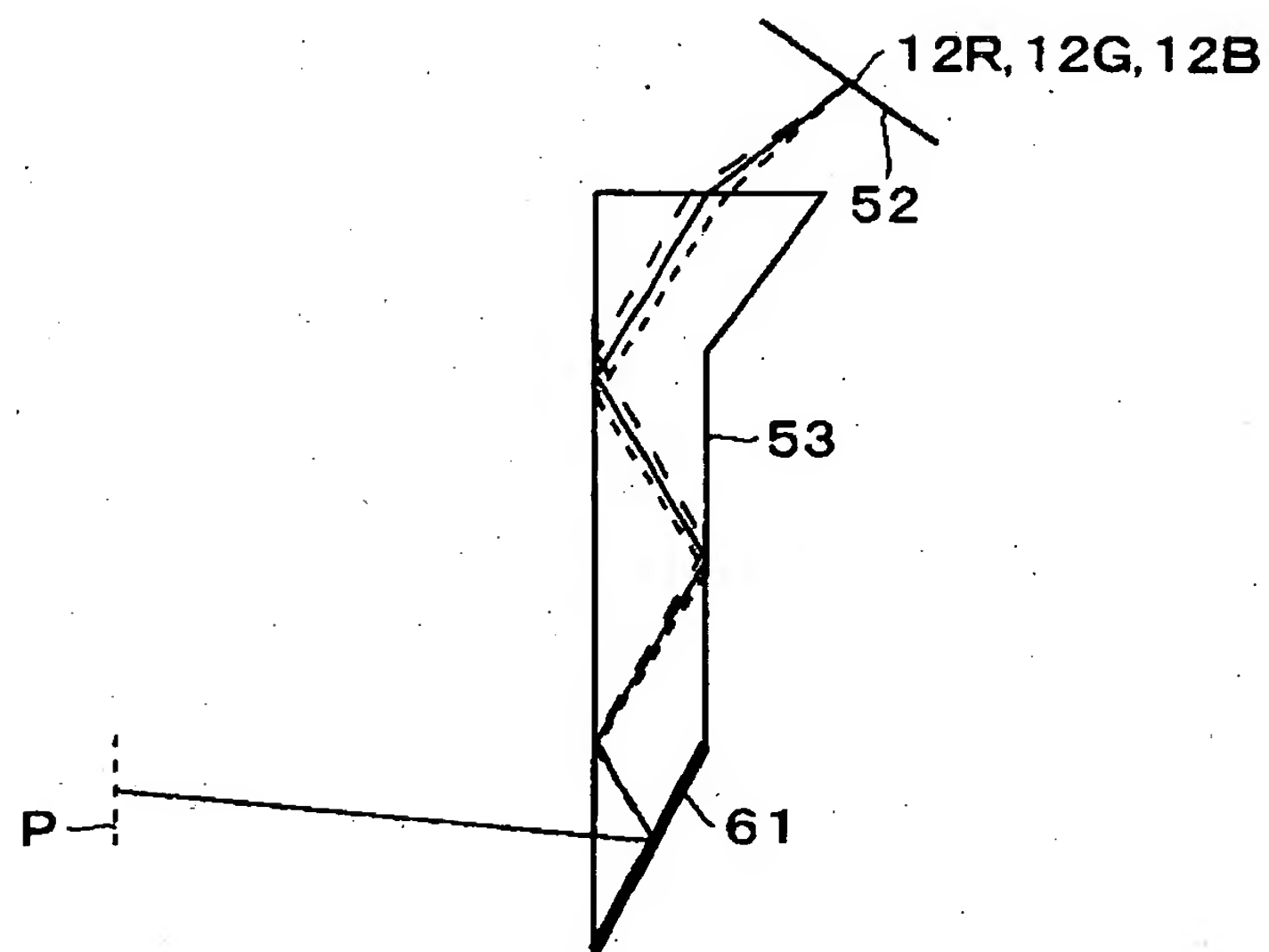
【図 1 5】



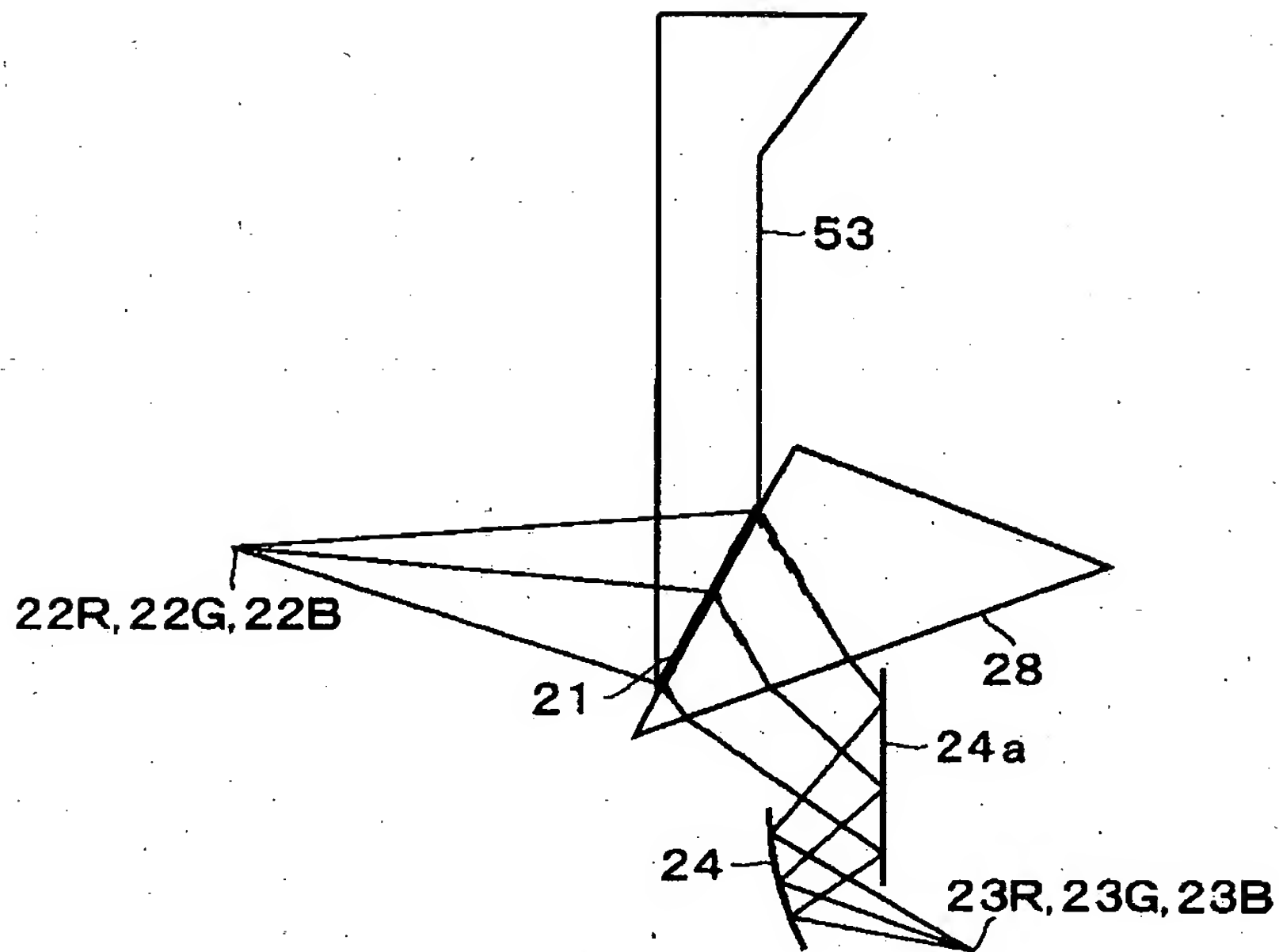
【図 16】



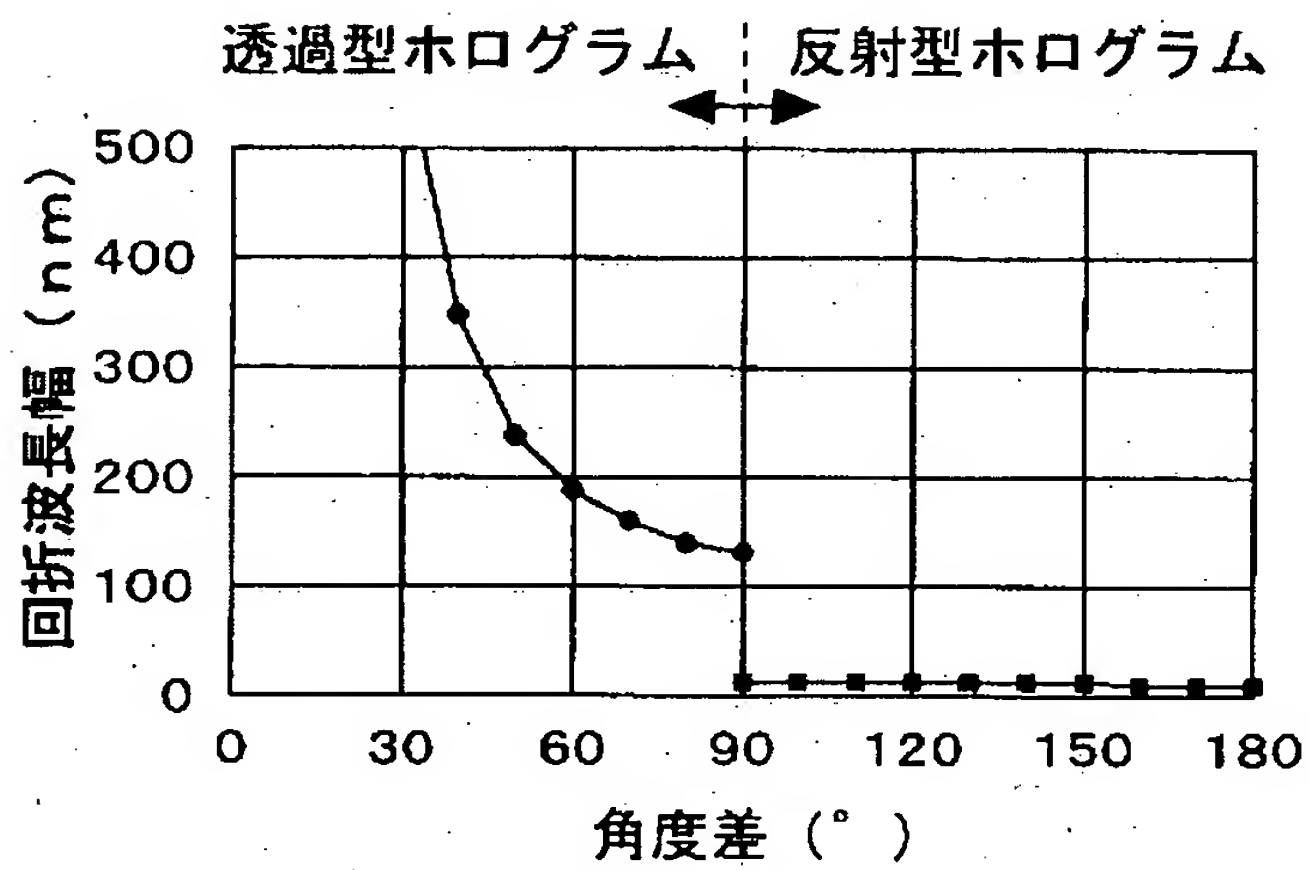
【図 17】



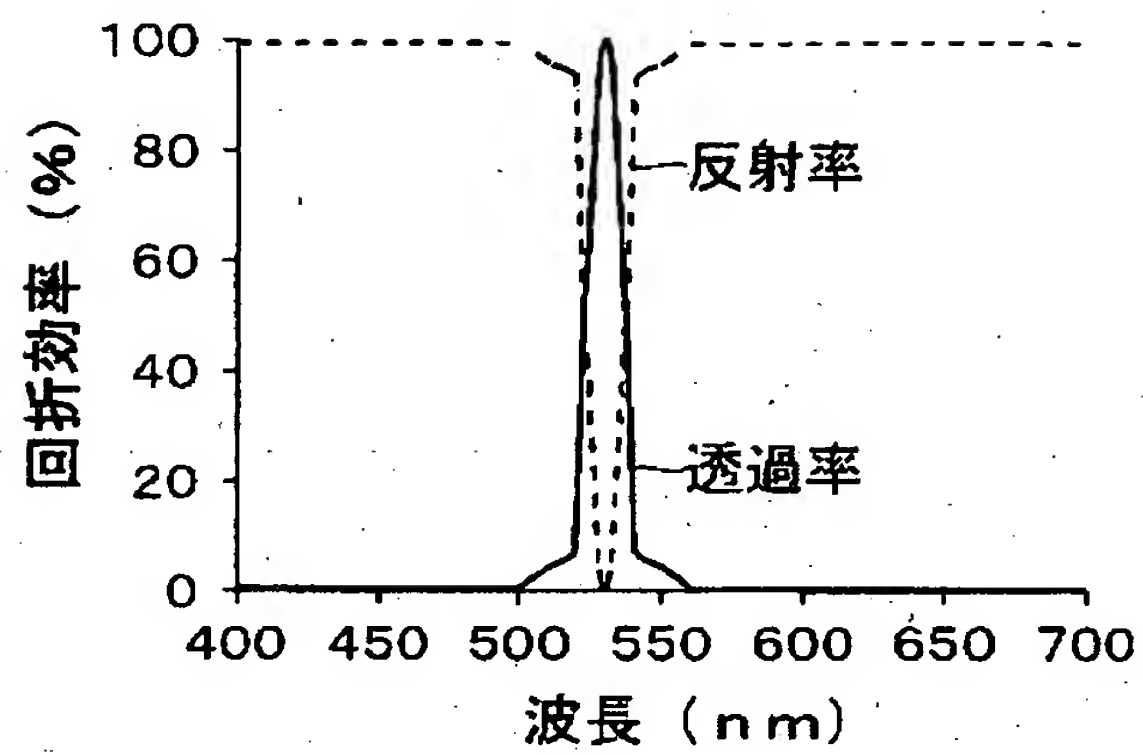
【図 1 8】



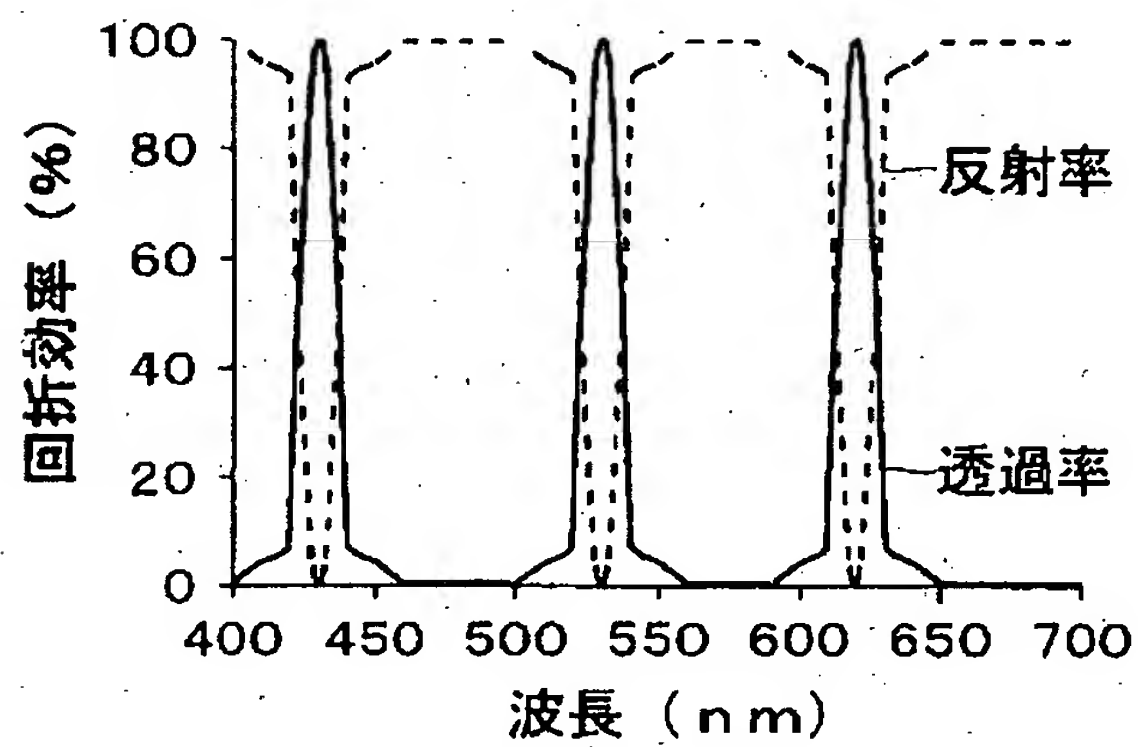
【図 1 9】



【図 2 0】



【図 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 透過光学素子とホログラフィック光学素子（HOE）を含む光学系であって、色収差を補正するための光学素子を別途必要としない簡素で小型のものを実現する。

【解決手段】 HOE (31) に R、G、B の各光束に対して回折効率をもたせるとともに、各光束に対する HOE の焦点距離を相違させて、直方体プリズム (15) で発生する軸上色収差を補正する。プリズムで発生する色収差を補正するための手段を別途必要としない。R、G、B の各光束に対する HOE の回折角を相違させて、くさび状プリズムで発生する光軸に垂直方向の色収差を補正することも可能である。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社